

SPECTOS ECOFISIOLÓGICOS E DE CRESCIMENTO DE *EUCALYPTUS UROGRANDIS* SUBMETIDO À SUPLEMENTAÇÃO HÍDRICA EM PLANTIOS CLONAIIS**MAYRA DE ALENCAR ARAUJO COSTA****VICTOR ALEXANDRE HARDT FERREIRA DOS SANTOS****CARLOS VINÍCIO VIEIRA**

Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus universitário de Sinop – Av. Alexandre Ferronato, 1200 - Setor Industrial Sul, CEP 78557-267, Sinop, MT, Brasil. E-mail: mayradealencar@gmail.com, vichardt@hotmail.com, vieiracv@gmail.com.

AUSTECLÍNIO LOPES DE FARIAS NETO**JOÃO LUIZ PALMA MENEGUCCI****CORNÉLIO ALBERTO ZOLIN****JORGE LULU**

Embrapa Agrossilvipastoril - Rodovia MT 222, Km 2,5, Caixa Postal 343, CEP 78550-970, Sinop, MT, Brasil. E-mail: austeclinio.farias@embrapa.br, joao.menegucci@embrapa.br, cornelio.zolin@embrapa.br, jorge.lulu@embrapa.br

VANDERLEY PORFÍRIO-DA-SILVA

Embrapa Florestas - Estrada da Ribeira, Km 111, Caixa Postal 319, CEP: 83411-000, Colombo, PR, Brasil. E-mail: vanderley.porfirio@embrapa.br.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar características fisiológicas e dendrométricas de um clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden X *E. urophylla* S. T. Blake sob suplementação hídrica, em condições de campo, do início da estação seca até a estação chuvosa. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições e quatro tratamentos. As parcelas foram constituídas por 56 plantas e a área útil por 18 plantas. Os tratamentos consistiram na aplicação semanal de quatro níveis de água (0, 9, 18 e 30 mm de água por planta) a partir do início da época seca, cessando no início da época chuvosa. As características avaliadas foram: fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração, diâmetro à altura do peito, diâmetro à altura do colo e altura. Na época seca, os maiores valores para as variáveis fisiológicas foram observados no grupo de plantas que recebeu o maior nível de água, entretanto, todas apresentaram desempenho significativamente superior na época chuvosa. As variáveis dendrométricas sofreram ligeira influência em função dos níveis de água, porém, igualaram-se para todos os tratamentos no final do experimento. Dessa maneira, para o clone avaliado, os manejos hídricos adotados não foram eficientes em promover o maior crescimento das plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Crescimento de plantas. déficit hídrico. ecofisiologia florestal.

ECOPHYSIOLOGICAL AND GROWTH ASPECTS OF EUCALYPTUS UROGRANDIS SUBMITTED TO WATER SUPPLEMENTATION IN CLONAL PLANTATIONS

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate physiological and dendrometric characteristics in a clone of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden X *E. urophylla* S. T. Blake under water supplementation in field conditions, from the onset of the dry season to the rainy season. The experiment was carried out in a randomized block design with four replications and four treatments. Each plots consisted of 56 plants and service area of 18 plants. The treatments consisted of four weekly applications of four water levels (0, 9, 18 and 30 mm of water per plant) from the beginning of the dry season, stopping at the beginning of the rainy season. The characteristics evaluated were: net photosynthesis, stomatal conductance, transpiration, diameter at breast height, diameter at the base of the neck and height. In the dry season, the highest values for physiological variables were observed in the group of plants that received the highest water level. However, all physiological variables showed significantly superior performance in the rainy season. The dendrometric variables suffered slight influence depending on the water levels, however, they were equal to all treatments at the end of the experiment. Thus, for the studied clone, the water management adopted was not effective in promoting greater plant growth.

KEYWORDS: Forest ecophysiology. plant growth. water deficit.

INTRODUÇÃO

De ocorrência natural na Austrália, as espécies florestais do gênero *Eucalyptus* L'Héritier adaptaram-se muito bem no Brasil e estão espalhadas por quase todo o território nacional, apresentando produtividades muito elevadas (Mora & Garcia, 2000; Valverde *et al.*, 2004; Vellini *et al.*, 2008). As inúmeras espécies de eucaliptos estão disseminadas pela Austrália, sendo que algumas estão distribuídas descontinuamente e outras restritas a nichos localizados, apresentando, por consequência, exigências de clima e solo muito variáveis (Andrade, 1961; Florence, 2004). De acordo com a Abraf (2013), as espécies de *Eucalyptus* são as arbóreas mais cultivadas no Brasil, sendo que a área de florestas plantadas com este gênero, em 2012, totalizou aproximadamente 5,2 milhões de hectares.

As espécies do gênero *Eucalyptus* apresentam grande variabilidade genética e, consequentemente, propriedades distintas que predispõem as árvores para aplicação em diversos setores (Pereira *et al.*, 2000). Embora o segmento de papel e celulose seja o principal a impulsionar o estabelecimento de novos plantios, recentemente, as espécies de eucalipto também têm sido implantadas em sistemas de produção integrada no Brasil e em outras partes do mundo (Prasad *et al.*, 2010; Bernardino *et al.*, 2011; Fontan *et al.*, 2011; Müller *et al.*, 2011; Freitas *et al.*, 2013).

A crescente demanda por alimentos, bioenergia e produtos florestais, tem levado à exploração inadequada dos recursos naturais incorrendo em degradação ambiental, desflorestamento e limitações no potencial produtivo de extensas áreas (Oliveira *et al.*, 2009). O cenário de degradação dos solos, a necessidade de redução do desmatamento e mitigação da emissão de gases de efeito estufa induziu a comunidade científica a buscar

sistemas produtivos sustentáveis em que o aumento da produtividade vegetal e animal estejam aliados à preservação de recursos naturais (Balbino *et al.*, 2011; Vilela *et al.*, 2011).

Dentro desse contexto, o modelo de integração lavoura-pecuária-floresta, denominado sistema agrossilvipastoril, é considerado inovador no Brasil e consiste em uma prática agroflorestal planejada para se obter benefícios das interações biológicas entre os componentes do sistema. Além disso, os sistemas integrados vêm adquirindo importância dentro das propriedades agrícolas por permitir a continuidade na produção de alimentos de forma mais eficiente, agregar sustentabilidade ao empreendimento e possibilitar o aumento de renda da propriedade devido à exploração econômica de mais de um produto comercializável (Alvarenga *et al.*, 2010; Paciullo *et al.*, 2011).

A escolha da espécie arbórea é um requisito fundamental para o sucesso de sistemas agrossilvipastoris sustentáveis (Oliveira *et al.*, 2007). Assim, a espécie selecionada deve cumprir o objetivo do plantio e as exigências ecológicas regionais, garantindo retornos econômicos e ambientais satisfatórios (Melotto *et al.*, 2009). Segundo Jose (2011), os avanços científicos em tecnologias agroflorestais têm ajudado a ampliar a variedade de espécies em todo o mundo, e o gênero *Eucalyptus* contribui para reforçar o valor econômico de sistemas agroflorestais. As espécies e híbridos de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) destacam-se pelo grande potencial de uso nesses sistemas por apresentarem rápido crescimento em diferentes *habitats*, elevado rendimento econômico e inúmeras aplicações (Macedo *et al.*, 2010).

A água é um dos principais fatores abióticos responsáveis por limitar a produção vegetal em

todo o mundo (Ghannoum, 2009; Djebbar *et al.*, 2012). As plantas estão frequentemente expostas a períodos de déficit hídrico no solo e na atmosfera durante seu ciclo de vida (Silva *et al.*, 2010). A seca resulta em redução na disponibilidade de água no solo e o estresse ocorre sempre que a quantidade de água fica abaixo de um limiar que seja capaz de restringir o crescimento e as trocas gasosas (Bréda *et al.*, 2006; Shao *et al.*, 2008).

Os estudos sobre os processos fisiológicos de plantas em função das mudanças ambientais têm sido o foco de muitas pesquisas (Otto *et al.*, 2013). As técnicas de manejo adequadas, bem como do melhoramento genético de plantas, são ferramentas utilizadas para melhorar a eficiência do uso de recursos pelas plantas, inclusive a água (Chaves *et al.*, 2009).

A fotossíntese é muito responsiva à disponibilidade de água, sendo que o déficit hídrico reduz a fotossíntese por meio do fechamento dos estômatos e diminui a eficiência do processo de fixação de carbono (Pallardy, 2008). Os estômatos desempenham um papel fundamental na adaptação das plantas, nas mudanças das condições ambientais e ao estresse, pois controlam as perdas de água pela transpiração e absorção de CO₂, necessária à fotossíntese e ao crescimento da planta, otimizando o uso da água em condições de seca (Giorio *et al.*, 1999; Damour *et al.*, 2010; Egea *et al.*, 2011).

O efeito do estresse hídrico na fotossíntese tem sido estudado extensivamente e as limitações estomáticas tornaram-se o parâmetro fisiológico mais amplamente reconhecido por reduzir a produtividade em condições de seca (Woodruff & Meinzer, 2011). No entanto, a disponibilidade de água influencia uma série de outros processos envolvidos no crescimento das plantas, incluindo a expansão das células, o transporte no floema, o transporte de nutrientes e as funções metabólicas (Woodruff & Meinzer, 2011).

A limitação do crescimento das plantas imposta pela baixa disponibilidade de água deve-se, principalmente, à redução do balanço de carbono da planta, que é em grande parte dependente da fotossíntese (Flexas *et al.*, 2009). O declínio da absorção líquida de carbono na folha, como resultado do déficit hídrico, é seguido por uma alteração no particionamento dos fotoassimilados no corpo da planta (Pinheiro e Chaves, 2011).

O déficit hídrico, definido por Tardieu *et al.* (2011) como um desequilíbrio entre a disponibilidade de água no solo e a demanda evaporativa que pode ocorrer naturalmente no campo, provoca uma diminuição no acúmulo de carbono, decréscimo na expansão dos tecidos e redução do número de células. Segundo Larcher (2004), a diminuição da turgescência é a primeira e mais sensível resposta ao déficit hídrico e, associada a ela, está a redução do processo de crescimento, especialmente em extensão.

A principal meta da silvicultura tem sido a maximização do volume comercializável do fuste

das árvores (Wimmer *et al.*, 2002). No caso dos sistemas de integração, especialmente os silvipastoris, essa maximização é desejável para garantir o estabelecimento adequado das árvores, de forma que elas apresentem porte suficiente para suportar o assédio animal quando estes forem introduzidos no sistema. A quebra de galhos e troncos de árvores jovens, bem como o consumo diário de ramos e folhas, pode se tornar problema e atingir níveis de danos inaceitáveis ao crescimento das árvores, comprometendo o estabelecimento do sistema (Porfirio-da-Silva *et al.*, 2012).

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de água em um povoamento de eucalipto, em condições de campo durante a estação seca, a partir da avaliação de características fisiológicas e dendrométricas, e elucidar a viabilidade desta prática em promover o maior crescimento das plantas, especialmente em espessura do tronco, e antecipar a introdução dos animais em sistemas agrossilvipastoris.

MATERIAL E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O experimento foi conduzido na área experimental da Embrapa Agrossilvipastoril, localizada no município de Sinop – MT (S 11° 51' 09" W 55° 30' 32"). O município está localizado na zona de transição entre os biomas Cerrado e Amazônia, com altitude média de 384 m. O clima da região é do tipo tropical com inverno seco (Aw, segundo classificação de Köppen), caracterizado pela presença de duas estações bem definidas, uma chuvosa (de outubro a abril) e outra seca (de maio a setembro), e pela pequena amplitude térmica anual, com médias mensais oscilando entre 24 °C e 27 °C. Os meses de setembro e outubro são os mais quentes com temperaturas máximas ao redor de 36 °C. A precipitação média anual é de 2000 mm, sendo acima de 50% entre os meses de dezembro e fevereiro e cerca de 1% ocorrem, historicamente, entre junho e agosto (Souza *et al.*, 2012).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilosa e relevo plano.

MATERIAL EXPERIMENTAL E DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

O ensaio foi alocado em parcelas, com um hectare, de povoamentos clonais de um híbrido de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla* (H-13), com oito meses de idade, pertencentes ao projeto de estabelecimento e avaliação de sistemas de Integração Lavoura Pecuária Floresta (iLPF) da Embrapa Agrossilvipastoril (Figura 1).

As plantas receberam 396 kg.ha⁻¹ de fosfato reativo natural em linha contínua e adubação de cobertura com formulado 20-00-20, 1000 gramas

por planta dividida em duas aplicações (500 gramas por aplicação), e não sofreram desrama em nenhuma fase de desenvolvimento.

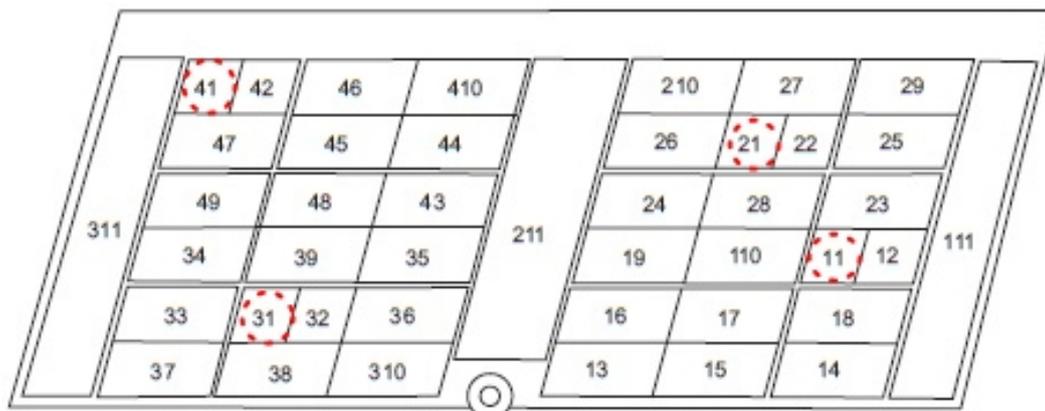


Figura 1 – Croqui da área experimental pertencente ao projeto de estabelecimento e avaliação de sistemas de Integração Lavoura Pecuária Floresta da Embrapa Agrossilvipastoril demonstrando, em vermelho, as parcelas ocupadas por plantios clonais de *Eucalyptus urograndis*.

Foram realizados dois experimentos, sendo que no primeiro, relativo à avaliação das características dendrométricas, o delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e quatro tratamentos (níveis de água). As parcelas foram constituídas por 56 plantas (sete linhas com oito plantas) no espaçamento de 3,5 m x 3,0 m, e a área útil composta de 18 plantas centrais (três linhas com seis plantas). No segundo referente à avaliação das características fisiológicas, foi escolhido um único bloco do ensaio, sendo utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (níveis de água) e 12 repetições para cada característica avaliada.

SUPLEMENTAÇÃO HÍDRICA

Na definição dos tratamentos de níveis de água, levou-se em consideração aspectos operacionais de aplicabilidade prática da aplicação de água em plantios comerciais e aspectos técnicos disponíveis na literatura nacional relativos ao consumo de água do eucalipto em sua fase inicial (Menezes *et al.*, 2011; Alves *et al.*, 2013). Com base nos aspectos supracitados, adotou-se como critério uma evapotranspiração média diária da cultura (ETc) de 5 mm no local do ensaio, baseado em informações preliminares de demanda na região. Com esse critério, uma vez a cada semana procedeu-se a aplicação de 0%, 30%, 60% e 100% da ETc acumulada, resultando em 0, 9, 18 e 30 mm de água por planta, respectivamente denominados tratamentos de níveis 0%, 30%, 60% e 100%. As aplicações semanais de água foram realizadas por meio de tanque pipa adaptado para liberar uma vazão constante (3,3 l.s⁻¹), e iniciaram-se no dia 12/07/2012, início da es-

tação seca, e encerraram-se no dia 20/09/2012, início da estação chuvosa.

DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

Para avaliar o crescimento das plantas, foram realizadas medidas de variáveis dendrométricas como altura, diâmetro à altura do peito (DAP, a 1,30 m) e diâmetro à altura do colo (DAC) em todas as árvores da parcela útil. A altura foi mensurada com auxílio de régua topográfica graduada e os diâmetros determinados utilizando paquímetro digital. As medições foram realizadas quinzenalmente e, posteriormente, com periodicidade mensal, com início em julho de 2012 e término em abril de 2013.

As variáveis fisiológicas (fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração) foram determinadas em campanhas fisiológicas de campo. Durante a época seca foram realizadas as primeiras campanhas nos dias 14 e 16 de setembro de 2012, correspondentes a um e três dias após a suplementação hídrica, respectivamente. A última campanha foi realizada na época chuvosa, no dia 04 de abril de 2013. Ao longo das campanhas, as variáveis fisiológicas foram mensuradas simultaneamente com o auxílio de um analisador a gás infravermelho portátil (IRGA) modelo LCpro-SD da ADC BioScientific, utilizando-se metodologia adaptada de Tatagiba *et al.* (2007).

Para determinação destas variáveis, foi escolhido um único bloco do ensaio onde foi amostrada a superfície de quatro folhas totalmente expandidas da parte externa do terço médio da copa de três plantas, para cada tratamento, totalizando doze repetições. As plantas, escolhidas ao acaso, foram devidamente identificadas e as medidas sempre realizadas em folhas maduras e

com bom estado fitossanitário, em dias de pleno sol. As leituras foram realizadas em cinco horários durante o dia (08h, 10h, 12h, 14h e 16 horas), alternando-se as plantas entre os tratamentos para garantir menor variação no horário de medição.

Os dados mensais de precipitação pluviométrica durante o período experimental foram obtidos na estação meteorológica da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Sinop, por meio de um pluviógrafo (TE 525) a 1,50 m de altura, conectado a um sistema de aquisição de dados CR 1000 da Campbell Scientific, programado para analisar o sensor a cada segundo e armazenar valores médios ou integrados de 300 leituras (cinco minutos).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados experimentais de crescimento (altura, diâmetro à altura do peito e diâmetro à altura do colo) foram interpretados estatisticamente por meio de análise de regressão polinomial em função do número de dias após o início do ensaio. Na escolha das equações de regressão, consideraram-se a significância dos coeficientes, testada ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, e o coeficiente de determinação (R^2).

Os dados experimentais de fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração no horário das oito horas, após atenderem às pressuposições de normalidade e homocedasti-

cidade, foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa de análises estatísticas SISVAR® (Ferreira, 2011). A escolha desse horário deveu-se ao fato das plantas terem apresentado maior eficiência na fixação de carbono pela manhã, acentuando-se as respostas ao manejo hídrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS

Durante a época seca foram observadas diferenças significativas na fotossíntese líquida das árvores entre os dois dias de avaliação (um e três dias após a suplementação hídrica – 1DAS e 3DAS) para todos os tratamentos. Também houve diferença significativa entre os tratamentos para todas as variáveis fisiológicas nessa época, em que o tratamento de nível 100% foi sempre superior aos demais. Durante a época chuvosa não houve diferença entre os tratamentos para nenhuma das variáveis, mas o desempenho de todas elas foi superior nesse período. Na Tabela 1 são apresentados os dados de fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs) e transpiração (E) durante as campanhas fisiológicas para cada manejo hídrico adotado.

Tabela 1 – Valores médios de fotossíntese líquida (A), transpiração (E) e condutância estomática (gs) às 08 horas, um dia após a suplementação hídrica (1DAS), três dias após a suplementação hídrica (3DAS) e na época chuvosa (Chuva) para um plantio clonal de *Eucalyptus urograndis* aos 8 meses de idade.

Nível de suplementação hídrica	Época de avaliação		
	1DAS	3DAS	Chuva
A ($\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$)			
0%	7,98aA	11,57aB	19,27aC
30%	6,01aA	10,46aB	20,21aC
60%	8,68aA	11,16aB	19,93aC
100%	12,34bA	16,29bB	19,71aC
gs ($\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$)			
0%	0,11aA	0,20aA	1,39aB
30%	0,07aA	0,16aA	1,02aB
60%	0,13aA	0,21aA	1,14aB
100%	0,24bA	0,41bA	1,27aB
E ($\text{mmol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$)			
0%	3,79aA	3,65aA	5,55aB
30%	2,79aA	3,33aA	5,83aB
60%	3,93aA	3,60aA	5,27aB
100%	5,24bA	4,85bA	5,32aA

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As taxas fotossintéticas, tanto no primeiro quanto no terceiro dia após a suplementação hídrica na época seca, foram estatisticamente diferentes entre os tratamentos. Quando as plantas receberam maior suplementação hídrica (nível 100%), apresentaram as maiores taxas em ambos os dias, com 12,34 e 16,29 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Tabela 1). Stoneman *et al.* (1994) observaram que mudas bem regadas de *Eucalyptus marginata* apresentaram um padrão de fotossíntese diferente de mudas submetidas ao estresse hídrico, com valores máximos de fotossíntese líquida próximos a 17 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Quando as plantas são expostas ao estresse hídrico há um declínio nas taxas fotossintéticas (Bloch *et al.*, 2006).

As plantas submetidas aos tratamentos de nível 30% e 60% apresentaram, na época seca, taxas fotossintéticas significativamente iguais às plantas que não receberam manejo hídrico. Isso significa que os manejos, nesses níveis, não foram suficientes para promover o aumento dos valores de fotossíntese líquida quando comparado ao nível máximo de suplementação. A mesma tendência foi observada para a condutância estomática (gs) e transpiração (E). De acordo com Larcher (2004), não é a pequena quantidade de água utilizada na fotossíntese que a torna um fator limitante, mas a grande quantidade necessária para manter a hidratação do protoplasma. Assim, com o déficit hídrico a atividade fotossintética declina paralelamente à redução do volume celular e em conjunto ao declínio da turgescência. A água é um componente essencial do protoplasma e constitui cerca de 80 a 90% do peso fresco de tecidos em ativo crescimento (Pallardy, 2008).

Embora os valores de fotossíntese líquida (A) na melhor condição hídrica (nível 100%) tenham sido os mais elevados na época seca, as maiores taxas fotossintéticas foram observadas na época chuvosa, onde os tratamentos não se diferenciaram, e os valores médios de A variaram de 19,27 a 20,21 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Tabela 1). Estes resultados demonstram que a evapotranspiração média diária do eucalipto, no campo, foi maior do que a estimada.

Resultados semelhantes foram encontrados por Tatagiba *et al.* (2007), que estudando o comportamento fisiológico de dois clones de eucalipto na época seca e chuvosa, observaram as maiores taxas fotossintéticas durante a época chuvosa para ambos os clones. Os autores obtiveram A de 22,97 e 23,90 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ para os clones estudados nesta época. Segundo Novriyanti *et al.* (2012) as espécies de eucaliptos são conhecidas por apresentarem elevadas taxas fotossintéticas, que refletem nas altas taxas de crescimento destas plantas.

Otto *et al.* (2013), avaliando a fotossíntese em quatro clones de *Eucalyptus* em uma área úmida, observaram taxas fotossintéticas variando de 12,5 a 16,4 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Merchant *et al.* (2007) encontraram valores de fotossíntese líquida variando de 15 a 30 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ em seis

clones de *Eucalyptus*, sob condição hídrica adequada.

Em condições de menor suplementação hídrica a fotossíntese variou de 6,01 a 11,16 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Tabela 1). Esses dados são comparáveis ao trabalho de Merchant *et al.* (2007), onde em menor disponibilidade de água os clones apresentaram fotossíntese líquida entre 5 e 10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$.

Os estômatos são a via de entrada para as trocas gasosas de CO_2 e a via de saída da água na forma de vapor, dessa forma, ao absorver CO_2 do meio externo, a planta inevitavelmente perde água. A regulação da abertura estomática para restringir os danos resultantes da desidratação é de grande importância para as plantas. O fechamento dos estômatos é, de fato, uma das primeiras linhas de defesa contra a dessecação, por se tratar de um processo rápido e flexível (Chaves, 1991; Larcher, 2004).

A condutância estomática (gs) e a transpiração (E) apresentaram comportamento semelhante na época seca, sendo que as plantas submetidas ao nível máximo de suplementação apresentaram os maiores valores de gs e E. Em virtude da melhor condição hídrica, os estômatos se mantiveram mais abertos, assim as plantas transpiraram livremente. Em relação às respostas fotossintéticas induzidas pela seca, já é bem conhecido que os estômatos se fecham progressivamente com o aumento do estresse hídrico, provocando redução na fixação de carbono pelas folhas (Chaves & Oliveira, 2004; Taiz & Zeiger, 2004; Bréda *et al.*, 2006). Na época chuvosa não houve diferença significativa entre os tratamentos, embora os valores de gs e E tenham sido superiores devido à maior disponibilidade de água proporcionada pela precipitação nesse período, como pode ser observado na Figura 2. Tatagiba *et al.* (2007) também não encontraram diferenças significativas na transpiração de dois clones de *Eucalyptus* na época chuvosa.

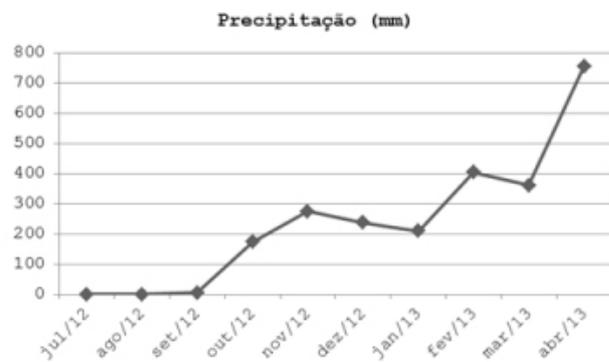


Figura 2 – Precipitação pluviométrica em Sinop, MT, no período de julho de 2012 a abril de 2013.

Gindaba *et al.* (2005) verificaram redução nas taxas fotossintéticas e condutância estomática de *Eucalyptus globulus* e *E. camaldulensis* em virtude do decréscimo de água disponível às

plantas. Lima *et al.* (2003) observaram redução em A, gs e E em cinco espécies de *Eucalyptus* submetidas ao estresse hídrico por supressão da irrigação. Vellini *et al.* (2008) também constataram decréscimo nos valores de gs e E, em 17 clones de *Eucalyptus*, com a redução da disponibilidade de água.

Os valores de E no nível 100% aos 1DAS e 3DAS foram estatisticamente iguais ao valor encontrado na época chuvosa. Costa e Silva *et al.* (2004) observaram, em dois clones de *E. globulus*, que as maiores taxas de transpiração ocorreram nas plantas submetidas ao máximo regime hídrico adotado. Já gs não seguiu a mesma tendência, pois os maiores valores foram encontrados na época chuvosa, não só para o nível 100%, mas para todos os demais.

VARIAÇÃO DIURNA DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS

Na época seca, a fotossíntese líquida (A) foi reduzida em relação à época chuvosa, em todos

os horários ao longo do dia, para todos os tratamentos. Na Figura 3 está representado o comportamento das variáveis fisiológicas estudadas, ao longo dos horários, durante um dia característico da época seca e chuvosa. Em ambas as épocas, as plantas apresentaram máxima assimilação de CO₂ às 08 horas, independente do manejo hídrico adotado.

A maior taxa fotossintética observada na época seca foi de 14,31 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, no tratamento de nível 100%, em virtude da melhor condição hídrica dessas plantas, reduzindo-se a partir daí até o entardecer. Stoneman *et al.* (1994) também observaram, em mudas de *Eucalyptus marginata* submetidas ao estresse hídrico, redução da taxa fotossintética durante o meio do dia, quando a demanda evaporativa foi maior. Na época chuvosa, o maior valor de fotossíntese líquida foi de 20,21 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, com todos os tratamentos apresentando um comportamento semelhante ao longo do dia, em função da mesma condição hídrica já estabelecida nesse período (Figura 3).

Época seca

Época chuvosa

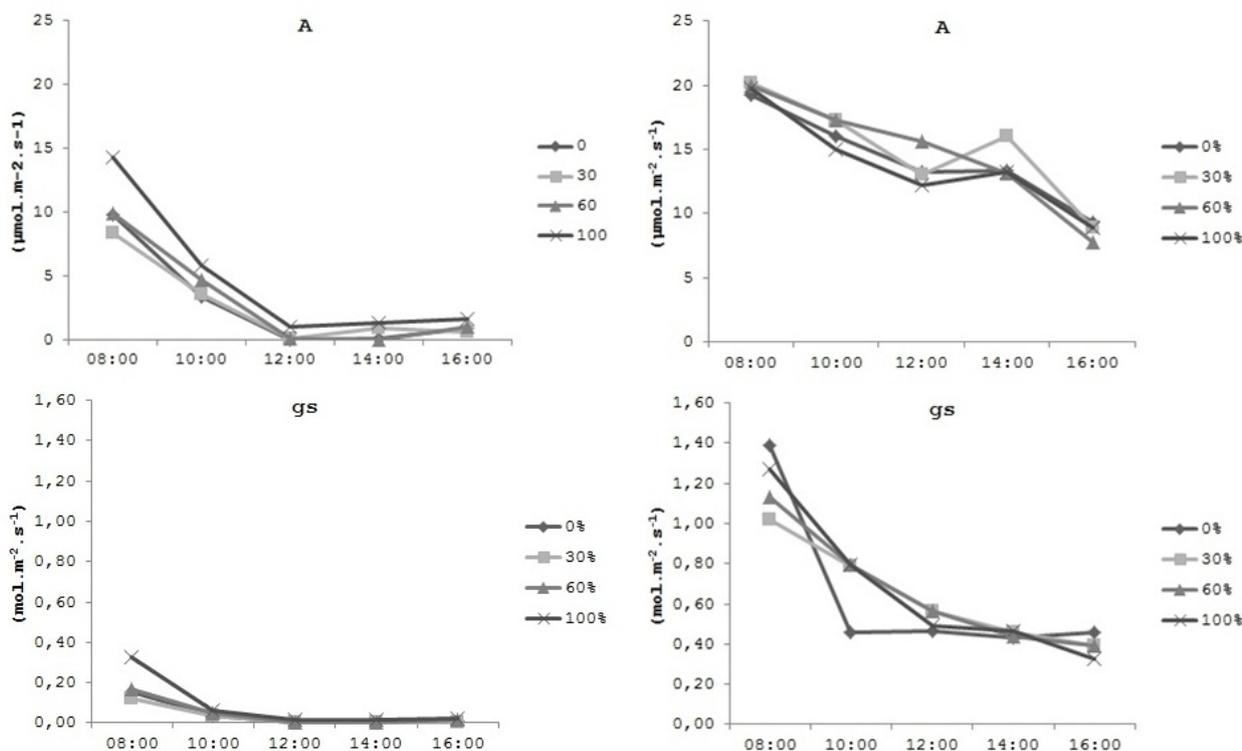
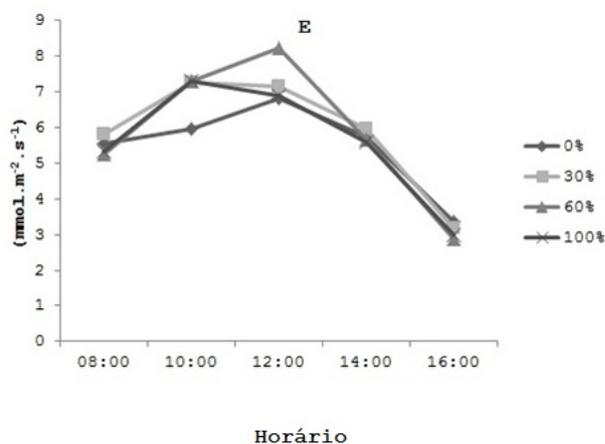
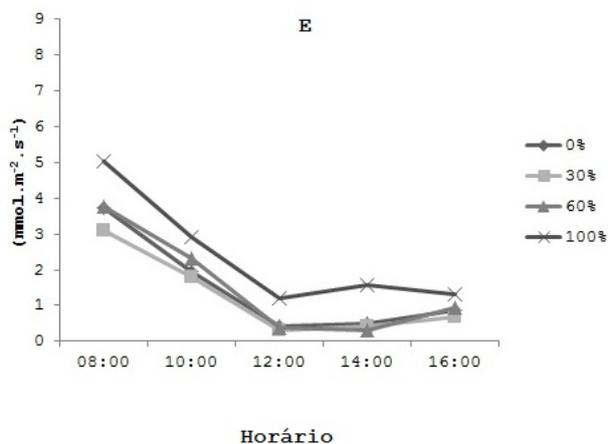


Figura 3 – Comportamento da fotossíntese líquida (A), condutância estomática (gs) e transpiração (E) ao longo de um dia característico da época seca e chuvosa para um plantio clonal de *Eucalyptus urograndis*.



De acordo com Larcher (2004), o fenômeno denominado depressão da fotossíntese líquida ao redor do meio-dia é comum em plantas lenhosas, e ocorre em função da forte radiação, intenso calor e elevada capacidade evaporativa do ar nesse período do dia. Após esse decréscimo na taxa fotossintética, somente no final da tarde os valores de fotossíntese líquida podem voltar a aumentar (Pallardy, 2008). Na época seca foi observada pequena recuperação nas taxas de fotossíntese líquida no final da tarde, enquanto na época chuvosa os valores declinaram ao longo do dia. Esse comportamento é esperado, pois durante a estação seca, no norte do Mato Grosso, as temperaturas são consideravelmente mais elevadas do que na estação chuvosa. Assim, ao final da tarde, é comum observar incrementos nas taxas de fotossíntese. O mesmo não ocorre no período chuvoso, em função do surgimento de muitas nuvens no final da tarde que atenuam a radiação, influenciando diretamente no processo fotossintético.

As plantas apresentaram maior condutância estomática (g_s) durante a época chuvosa em relação à época seca, em todos os horários ao longo do dia, para todos os tratamentos (Fig. 3). Os maiores valores de condutância foram registrados às 08 horas, nas duas épocas, com $0,326 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ na época seca e $1,39 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ na chuvosa. Na época seca, observou-se que somente no nível 100% de suplementação os estômatos permaneceram abertos durante todo o dia. Nos demais tratamentos houve fechamento total dos estômatos às 12 horas, quando o estresse tornou-se mais acentuado, apresentando uma pequena abertura às 16 horas. Esses resultados demonstram que as plantas de eucalipto exerceram um controle estomático eficiente em condições de limitado suprimento hídrico no solo. Na época chuvosa, os estômatos permaneceram abertos durante todo o dia, em todos os tratamentos. Esse comportamento explica a continuidade da assimilação de CO_2 ao longo do dia nessa época.

A transpiração (E) foi maior durante a época chuvosa em relação à época seca, em todos

os horários e para todos os tratamentos (Figura 3). Os maiores valores de transpiração ocorreram em diferentes horários nas duas épocas. Na época seca, as plantas registraram maior perda de água nas folhas às 08 horas, com o maior valor de $5,05 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ no nível 100% de suplementação. As plantas submetidas a esse manejo apresentaram as maiores taxas de transpiração ao longo do dia, devido à maior disponibilidade hídrica no solo. Em todos os tratamentos, observou-se declínio nas taxas de transpiração após as 08 horas até o meio dia e, posteriormente, uma leve recuperação no período da tarde.

Mesmo com o fechamento total dos estômatos às 12 e 14 horas nos tratamentos de nível 0%, 30% e 60%, as plantas continuaram transpirando. Larcher (2004) afirma que mesmo com os estômatos praticamente fechados, a perda de água na forma de vapor continua ocorrendo através da cutícula. Calbo & Moraes (1997) também observaram uma possível transpiração cuticular em plantas jovens de buriti submetidas a estresse hídrico e condutância estomática próxima de zero. Reis & Reis (1997) relataram que em disponibilidade hídrica reduzida e adequado controle estomático, a perda de água pelo eucalipto deverá acontecer principalmente via cutícula.

Na época chuvosa, apesar do fechamento parcial dos estômatos e queda da assimilação de CO_2 , os maiores valores de transpiração foram registrados entre às 10 e 12 horas, com máximo de $8,24 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, em função do aumento da demanda atmosférica. Quando os estômatos encontram-se totalmente abertos, a perda de água por transpiração sofre menos restrição que a absorção de CO_2 (Larcher, 2004).

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

Neste estudo foram empregadas as equações que melhor se ajustaram aos dados, sendo que os modelos de quarto grau foram os que melhor descreveram o crescimento em diâmetro à altura do peito (DAP), diâmetro à altura do colo (DAC) e altura das plantas ao longo do período experi-

mental. As curvas obtidas para todas as variáveis apresentaram tendência sigmoïdal, um padrão de evolução já conhecido para o crescimento vege-

tal. Os resultados da análise de regressão polinomial das variáveis dendrométricas estão representados graficamente na Figura 4.

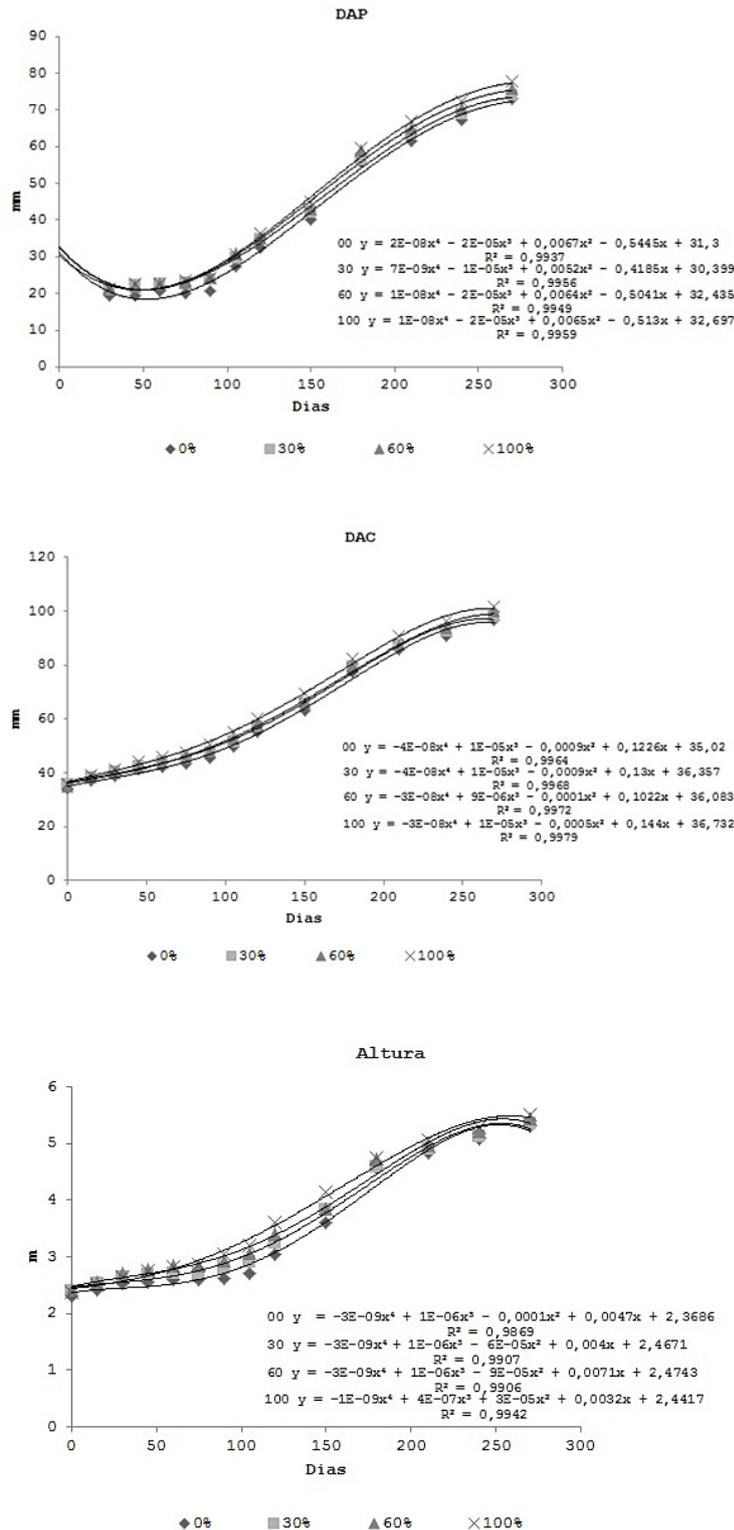


Figura 4 – Crescimento em diâmetro à altura do peito (DAP), diâmetro à altura do colo (DAC) e altura de *Eucalyptus urograndis* submetido a diferentes níveis de suplementação hídrica (0%, 30%, 60% e 100%) em função dos dias de avaliação ao longo do período experimental. Estação seca compreendida de 0 a 75 dias e chuvosa de 90 a 270 dias.

Com relação ao DAP, verificou-se que em todos os manejos hídricos adotados, o comportamento do crescimento foi muito semelhante (Figura 4). As plantas que receberam suplementação (níveis 30%, 60% e 100%) apresentaram valores de DAP levemente superiores em todo o período experimental quando comparado àquelas que não receberam. Até os 90 dias após o início do ensaio, o crescimento em DAP foi lento, mesmo nas plantas que receberam água. Após esse período, o crescimento acelerou em função do início do período chuvoso (Figura 2). Na última avaliação, aos 270 dias após o início do ensaio, as plantas de todos os tratamentos apresentaram valores de DAP praticamente iguais.

De acordo com Porfírio-da-Silva *et al.* (2009), as plantas com menos de 6 cm de DAP são facilmente quebradas pelo gado por não apresentarem porte suficiente. Além disso, os autores afirmam que este diâmetro atende à necessidade de produção de madeira de qualidade com ausência de nós, uma vez que a desrama é recomendada somente quando as árvores atingem o DAP com esse valor. Porfírio-da-Silva *et al.* (2012), estudando os danos causados por bovinos em espécies arbóreas recomendadas para sistemas silvipastoris, observaram que todas as árvores que tiveram o tronco quebrado apresentavam DAP menor que seis cm, comprovando o risco já descrito na literatura anterior.

Observou-se que embora as plantas que receberam suplementação hídrica tenham apresentado DAP ligeiramente maior ao longo dos dias, em todos os tratamentos a medida recomendada pela literatura foi atingida aos 210 dias. Nesse período as plantas apresentavam DAP de 62,9 mm, 63,5 mm, 65 mm e 67 mm para os níveis 0%, 30%, 60% e 100%, respectivamente. Esses resultados demonstraram que os manejos hídricos, da maneira em que foram adotados, não foram eficientes em acelerar o crescimento do DAP na época seca. Na Figura 5 é representada a evolução do DAP ao longo do período experimental, indicando o momento que o DAP de 6 cm foi atingido.

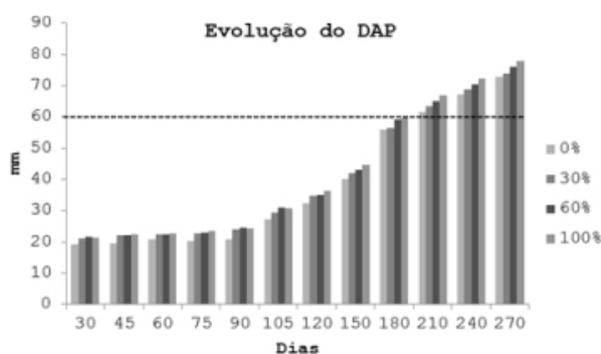


Figura 5 – Evolução do diâmetro à altura do peito (DAP, a 1,30 m) de *Eucalyptus urograndis* ao longo do período experimental. A barra horizontal pontilhada indica o momento em que a medida do DAP atingiu 60 mm. Estação seca compreendida de 30 a 75 dias e chuvosa de 90 a 270 dias.

As curvas referentes ao DAC seguiram a mesma tendência do DAP e todos os tratamentos apresentaram um comportamento muito semelhante (Figura 4). Observou-se, também, uma ligeira superioridade nos valores de DAC no tratamento de nível 100% em detrimento aos demais. O incremento em DAC até os 90 dias também foi pequeno, mas não tanto quanto o observado no DAP. Posteriormente, com o início do período chuvoso (Figura 2), o incremento tornou-se mais expressivo. Aos 270 dias, os valores praticamente se igualaram para todos os tratamentos.

O aumento no diâmetro do caule de espécies arbóreas ocorre principalmente em função da atividade meristemática do câmbio vascular. O crescimento do câmbio é muito responsivo aos estresses ambientais. Muitas vezes esse crescimento é paralisado em condições de seca e, após uma chuva, é retomado (Pallardy, 2008). Além disso, Kozlowsky & Pallardy (1997) afirmam que a temperatura também regula o crescimento cambial, pois influencia o tempo de iniciação sazonal da divisão de células fusiformes cambiais, bem como a taxa subsequente e duração na produção de tecidos do xilema e floema. Isso pode explicar o comportamento do DAP e DAC observados neste trabalho (Figura 4), em que o crescimento foi muito lento nos primeiros 90 dias, período compreendido entre os meses de julho a setembro de 2012, caracterizados pela ausência (julho e agosto) e escassez (setembro) de precipitação pluvial (Figura 2) e elevadas temperaturas.

A altura foi a variável que apresentou as diferenças mais expressivas em função dos tratamentos aplicados. Na Figura 4, verifica-se que até os 75 dias após o início do ensaio, as plantas apresentaram valores de altura muito semelhantes, com incrementos muito pequenos em todos os níveis de suplementação adotados. Isso ocorreu em função do estresse hídrico imposto às plantas no período inicial, compreendido entre os meses de julho a setembro, em que a umidade relativa foi notadamente baixa e as temperaturas elevadas, além disso, não houve registros de precipitação (Figura 2).

A partir dos 90 até os 150 dias (início do período chuvoso), observa-se que plantas submetidas à condição do nível 100% de suplementação apresentaram os maiores valores de altura e, no nível 0% os menores valores, ficando intermediários os níveis 30% e 60%. Aos 180 dias, as alturas das plantas em todos os tratamentos já eram praticamente iguais, mantendo-se o mesmo comportamento até os 270 dias. Dessa forma, verifica-se que a altura foi a variável que se igualou mais tardiamente entre os tratamentos, demonstrando ter sido mais sensível nos tratamentos que não receberam água ou receberam nos níveis intermediários.

As plantas lenhosas estão expostas a muitos estresses abióticos e bióticos de intensidade e duração variável. Assim sendo, o seu crescimento é uma resposta integrada dos efeitos de múltiplos

estresses. A importância dos fatores individuais causadores de estresse varia conforme a sua intensidade e/ou duração. A imposição súbita de um estresse muito grave, ou a elevada intensidade de um estresse leve, pode predominar sobre outros estresses ambientais que anteriormente regulavam o crescimento (Kozlowsky & Pallardy, 1997). O desenvolvimento de plantios florestais apresenta forte dependência da disponibilidade hídrica e energética do ambiente. A deficiência de água provoca efeitos diretos e indiretos no crescimento das plantas, como a diminuição da taxa fotossintética e do aporte nutricional às plantas, através do fluxo de massa e difusão (Souza *et al.*, 2006).

Não existem estudos anteriores que apresentem resultados sobre a viabilidade da adoção de métodos de irrigação em plantios de eucalipto em condições de campo. Portanto, o presente trabalho é considerado pioneiro, indicando a necessidade da realização de novos estudos para a obtenção de mais informações e melhores conclusões a respeito dessa prática.

CONCLUSÕES

Na época seca, as plantas apresentaram os maiores valores de fotossíntese líquida, condutância estomática e transpiração no tratamento com máxima suplementação, em que havia maior disponibilidade hídrica. Na época chuvosa não houve diferença entre os tratamentos e todas as variáveis fisiológicas foram significativamente superiores em comparação à época seca.

O comportamento das variáveis fisiológicas refletiu-se nas tendências de crescimento das plantas, pois as maiores taxas fotossintéticas nas plantas que receberam água no período seco garantiram o seu melhor desempenho em crescimento nessa época. No período chuvoso, o aumento expressivo na assimilação de CO₂ corroborou para o maior incremento em crescimento das plantas.

As variáveis dendrométricas foram positivas, porém, fracamente influenciadas pelo manejo hídrico na época seca. A altura das plantas que receberam o nível máximo de suplementação foi superior durante determinado período, mas em função da precipitação na época chuvosa, os demais tratamentos recuperaram o crescimento e se igualaram no final das avaliações. O crescimento em diâmetro à altura do colo e diâmetro à altura do peito não foi promovido em função dos manejos hídricos adotados nas condições desse experimento. Dessa forma, a prática de suplementação em espécies de eucaliptos (clone H-13) demonstrou ser inviável para a finalidade de obter plantas com maior espessura de tronco e altura para antecipar a introdução de animais em sistemas de integração.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de mestrado da primeira autora e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ABRAF.** Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012 / ABRAF. – Brasília: 2013.
- Alvarenga, R.C., V. Porfírio-da-Silva, M. M. Gontijo Neto & L. Vilela.** 2010. Sistema integração lavoura-pecuária-floresta: condicionamento do solo e intensificação da produção de lavouras. Informe agropecuário 31: 59-67.
- Alves, M.E.B., E.C. Mantovani, G.C. Sedyama & J.C.L. Neves.** 2013. Estimate of the crop coefficient for *Eucalyptus* cultivated under irrigation during initial growth. Cerne 19: 247-253.
- Andrade, E.N.** 1961. O eucalipto. 2ª ed., Cia Paulista de Estradas de Ferro.
- Bernardino, F.S., R.G. Tonucci, R. Garcia, J.C.L. Neves & G.C. Rocha.** 2011. Produção de forragem e desempenho de novilhos de corte em um sistema silvipastoril: efeito de doses de nitrogênio e oferta de forragem. Revista Brasileira de Zootecnia 40: 1412-1419.
- Bréda, N., R. Huc, A. Granier & E. Dreyer.** 2006. Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. Annals of Forest Science 63: 625-644.
- Bloch, D., C.M. Hoffmann & B. Märländer.** 2006. Impact of water supply on photosynthesis, water use and carbon isotope discrimination of sugar beet genotypes. European Journal of Agronomy 24: 218-225.
- Calbo, M.E.R. & J.A.P.V. Moraes.** 1997. Fotossíntese, condutância estomática, transpiração e ajustamento osmótico de plantas de buriti submetidas a estresse hídrico. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 9: 117-123.
- Chaves, M.M.** 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. Journal of Experimental Botany 42: 1-16.

- Chaves, M.M., J. Flexas & C. Pinheiro.** 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany* 103: 551-560.
- Chaves, M.M. & M.M. Oliveira.** 2004. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. *Journal of Experimental Botany* 55: 2365-2384.
- Costa e Silva, F., A. Shvaleva, J.P. Maroco, M.H. Almeida, M.M. Chaves & J.S. Pereira.** 2004. Responses to water stress in two *Eucalyptus globulus* clones differing in drought tolerance. *Tree Physiology* 24: 1165-1172.
- Damour, G., T. Simonneau, H. Cochard & L. Urban.** 2010. An overview of models of stomatal conductance at the leaf level. *Plant, Cell & Environment* 33: 1419-1438.
- Djebbar, R., T. Rzigui, P. Pétriacq, C. Mauve, P. Priault, C. Fresneau, M. Paepe, I. Florez-Sarasa, G. Benhassaine-Kesri, P. Streb, B. Gakière, G. Cornic & R. Paepe.** 2012. Respiratory complex I deficiency induces drought tolerance by impacting leaf stomatal and hydraulic conductances. *Planta* 235: 603-614.
- Egea, G., A. Verhoef & P.L. Vidale.** 2011. Towards an improved and more flexible representation of water stress in coupled photosynthesis-stomatal conductance models. *Agricultural and Forest Meteorology* 151 (10): 1370-1384.
- Ferreira, D.F.** 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia* 35: 1039-1042.
- Flexas, J., M. Barón, J. Bota, J.-M. Ducruet, A. Gallé, J. Galmés, M. Jiménez, A. Pou, M. Ribas-Carbó, C. Sajnani, M. Tomàs & H. Medrano.** 2009. Photosynthesis limitations during water stress acclimation and recovery in the drought-adapted *Vitis* hybrid Richter-110 (*V. berlandieri* × *V. rupestris*). *Journal of Experimental Botany* 60: 2361-2377.
- Florence, R.G.** 2004. Ecology and silviculture of eucalypt forests. CSIRO Publishing, Australia.
- Freitas, E.C.S., S.M. Oliveira Neto, D.M. Fonseca, M.V. Santos, H.G. Leite & V.D. Machado.** 2013. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em Sistema Agrosilvipastoril com eucalipto e acácia. *Revista Árvore* 37: 409-417.
- Fontan, I.C.I., G.G. Reis, M.G.F. Reis, H.G. Leite, M.A. Monte, D.C. Ramos & F.C. Souza.** 2011. Growth of pruned eucalypt clone in an agroforestry system in southeastern Brazil. *Agroforestry Systems* 83: 121-131.
- Ghannoum, O.** 2009. C₄ photosynthesis and water stress. *Annals of Botany* 103: 635-644.
- Gindaba, J., A. Rozanov & L. Negash.** 2005. Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two *Eucalyptus* and three indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. *Forest Ecology and Management* 205: 127-138.
- Giorio, P., G. Sorrentino & R. D'Andria.** 1999. Stomatal behaviour, leaf water status and photosynthetic response in field-grown olive trees under water deficit. *Environmental and Experimental Botany* 42: 95-104.
- Jose, S.** 2011. Managing native and non-native plants in agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 83: 101-105.
- Kozlowsky, T.T & S.G. Pallardy.** 1997. Growth control in woody plants. Academic Press, San Diego.
- Larcher, W.** 2004. *Ecofisiologia Vegetal*. Editora RiMa, São Carlos.
- Lima, W. P., P. Jarvis & S. Rhizopoulou.** 2003. Stomatal responses of *Eucalyptus* species to elevated CO₂ concentration and drought stress. *Scientia Agricola* 60: 231-238.
- Macedo, R.L.G., A.B. Vale & N. Venturin.** 2010. Eucalipto em sistemas agroflorestais, UFLA, Lavras.
- Melotto, A., M.L. Nicodemo, R.A. Bocchese, V.A. Laura, M.M. Gontijo Neto, D.D. Schleder, A. Pott & V. Porfírio-da-Silva.** 2009. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil central indicadas para sistemas silvipastoris. *Revista Árvore* 33: 425-432.

- Menezes, S.J.M.C., G.C. Sedyama, V.P. Soares, J.M. Gleriani & R.G. Andrade.** 2011. Estimativa dos componentes do balanço de energia e da evapotranspiração em plantios de eucalipto utilizando o algoritmo sebal e imagem landsat 5 - TM. *Revista Árvore* 35: 649-657.
- Merchant, A., A. Callister, S. Arndt, M. Tausz & M. Adams.** 2007. Contrasting physiological responses of six *Eucalyptus* species to water deficit. *Annals of Botany* 100: 1707-1515.
- Mora, A.L. & C.H. Garcia.** 2000. A cultura do eucalipto no Brasil. Sociedade Brasileira de Silvicultura, São Paulo.
- Müller, M.D., G.S. Nogueira, C.R.T. Castro, D.S.C. Paciullo, F.F. Alves, R.V.O. Castro & E.N. Fernandes.** 2011. Economic analysis of an agrosilvipastoral system for a mountainous area in Zona da Mata Mineira, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46: 1148-1153.
- Novriyanti, E., M. Watanabe, K. Makoto, T. Takeda, Y. Hashidoko & T. Koike.** 2012. Photosynthetic nitrogen and water use efficiency of acacia and eucalypt seedlings as afforestation species. *Photosynthetica* 50: 273-281.
- Oliveira, T.K., R.L.G. Macedo, E.P.A. Santos, E.M. Higashikawa & N. Venturin.** 2007. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. *Ciência e agrotecnologia* 31: 748-757.
- Oliveira, T.K., R.L.G. Macedo, N. Venturin & E.M. Higashikawa.** 2009. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. *Pesquisa Florestal Brasileira* 60: 01-09.
- Otto, M.S.G., A.R. Vergani, A.N. Gonçalves, A. Vrechi, S.R. Silva & J.L. Stape.** 2013. Fotossíntese, condutância estomática e produtividade de clones de *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. *Revista Árvore* 37: 431-439.
- Paciullo, D.S.C.; C.A.M. Gomide, C.R.T. Castro, P.B. Fernandes, M.D. Müller, M.F.A. Pires, E.N. Fernandes & D.F. Xavier.** 2011. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46: 1176-1183.
- Pallardy, S.G.** 2008. *Physiology of wood plants.* 3rd ed., Academic Press, San Diego.
- Pereira, J.C.D., J.A. Sturion, A.R. Higa, R.C.V. Higa & J.Y. Shimizu.** 2000. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).
- Porfírio-da-Silva, V., M.J.S. Medrado, M.L.F. Nicodemo & R.M. Dereti.** 2009. Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo. Colombo: Embrapa Florestas. 48p.
- Porfírio-da-Silva, V., A. Moraes, J.L. Moletta, L.S. Pontes, E.B. Oliveira, A. Pelissari & P.C.F. Carvalho.** 2012. Danos causados por bovinos em diferentes espécies arbóreas recomendadas para sistemas silvipastoris. *Pesquisa Florestal Brasileira* 32: 183-192.
- Prasad, J.V.N.S., G.R. Korwar, K.V. Rao, U.K. Mandal, C.A.R. Rao, Y.S. Ramakrishna, B. Venkateswarlu, S.N. Rao, H.D. Kulkarni & M.R. Rao.** 2010. Tree row spacing affected agronomic and economic performance of *Eucalyptus*-based agroforestry in Andhra Pradesh, Southern India. *Agroforestry Systems* 78: 253-267.
- Pinheiro, C. & M.M. Chaves.** 2011. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? *Journal of Experimental Botany* 62: 869-882.
- Reis, G.G. & M.G.F. Reis.** 1997. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. *Série Técnica IPEF* 11: 9-22.
- Shao, H., L. Chu, C.A. Jaleel & C. Zhao.** 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes Rendus Biologies* 331: 215-225.
- Silva, E.N., R.V. Ribeiro, S.L. Ferreira-Silva, R.A. Viégas & J.A.G. Silveira.** 2010. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. *Journal of Arid Environments* 74: 1130-1137.

- Souza, A.P., B.H. Casavecchia & D.M. Stangerlin.** 2012. Avaliação dos riscos de ocorrência de incêndios florestais nas regiões Norte e Noroeste da Amazônia Mato-grossense. *Scientia Plena* 8: 1-14.
- Souza, M.J.H., A. Ribeiro, H.G. Leite, F.P. Leite & R.B. Minuzzi.** 2006. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. *Revista Árvore* 30: 399-410.
- Stoneman, G.L., N.C. Turner & B. Dell.** 1994. Leaf growth, photosynthesis and tissue water relations of greenhouse-grown *Eucalyptus marginata* seedlings in response to water deficits. *Tree Physiology* 14: 633-646.
- Taiz, L. & E. Zeiger.** 2004. *Fisiologia vegetal*. 3 ed., Artmed, Porto Alegre.
- Tardieu, F., C. Granier & B. Muller.** 2011. Water deficit and growth. Co-ordinating processes without an orchestrator? *Current Opinion in Plant Biology* 14: 283-289.
- Tatagiba, S.D., J.E.M. Pezzopane, E.F. Reis, M.C.J.D. Dardengo & T.A.M. Effgen.** 2007. Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa. *Cerne* 13: 149-159.
- Valverde, S.R., N.S. Soares, M.L. Silva, L.A.G. Jacovine & S.A. Neiva.** 2004. O comportamento do mercado da madeira de eucalipto no Brasil. *Biomassa & Energia* 1: 393-403.
- Vellini, A.L.T.T., N.F. Paula, P.L.C. Alves, L.C. Pavani, C.A.V. Bonine, E.A. Scarpinati & R.C. Paula.** 2008. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. *Revista Árvore* 32: 651-663.
- Vilela, L., G.B. Martha Junior, M.C.M. Macedo, R.L. Marchão, R. Guimarães Júnior, K. Pulrolnik & G.A. Maciel.** 2011. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesquisa agropecuária brasileira* 46: 1127-1138.
- Wimmer, R., G.M. Downes & R. Evans.** 2002. Temporal variation of microfibril angle in *Eucalyptus nitens* grown in different irrigation regimes. *Tree Physiology* 22: 449-457.
- Woodruff, D.R. & F.C. Meinzer.** 2011. Water stress, shoot growth and storage of non-structural carbohydrates along a tree height gradient in a tall conifer. *Plant, Cell & Environment* 34: 1920-1930.

Recebido em 11.II.2014
Aceito em 23.VII.2014